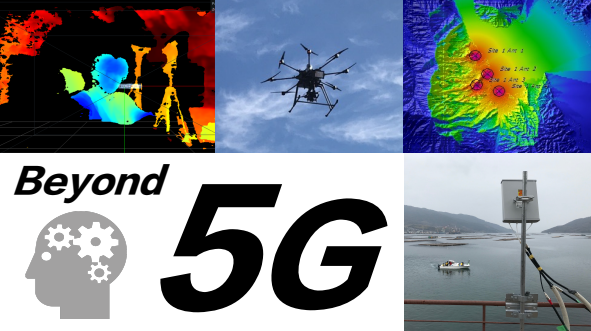




NGCI
Next Generation Cyber Infrastructure



「ローカル5Gの普及と最先端モバイル技術の推進」

東京大学大学院工学系研究科 教授

中尾彰宏

中尾彰宏

- 東京大学 総長特任補佐
- 東京大学次世代サイバーインフラ連携研究機構 機構長
- 東京大学大学院工学系研究科 教授
- 国立情報学研究所 先進モバイル駆動研究センター 副センター長
- 電子情報通信学会 通信ソサエティ会長
- XGモバイル推進フォーラム (XGMF)共同代表

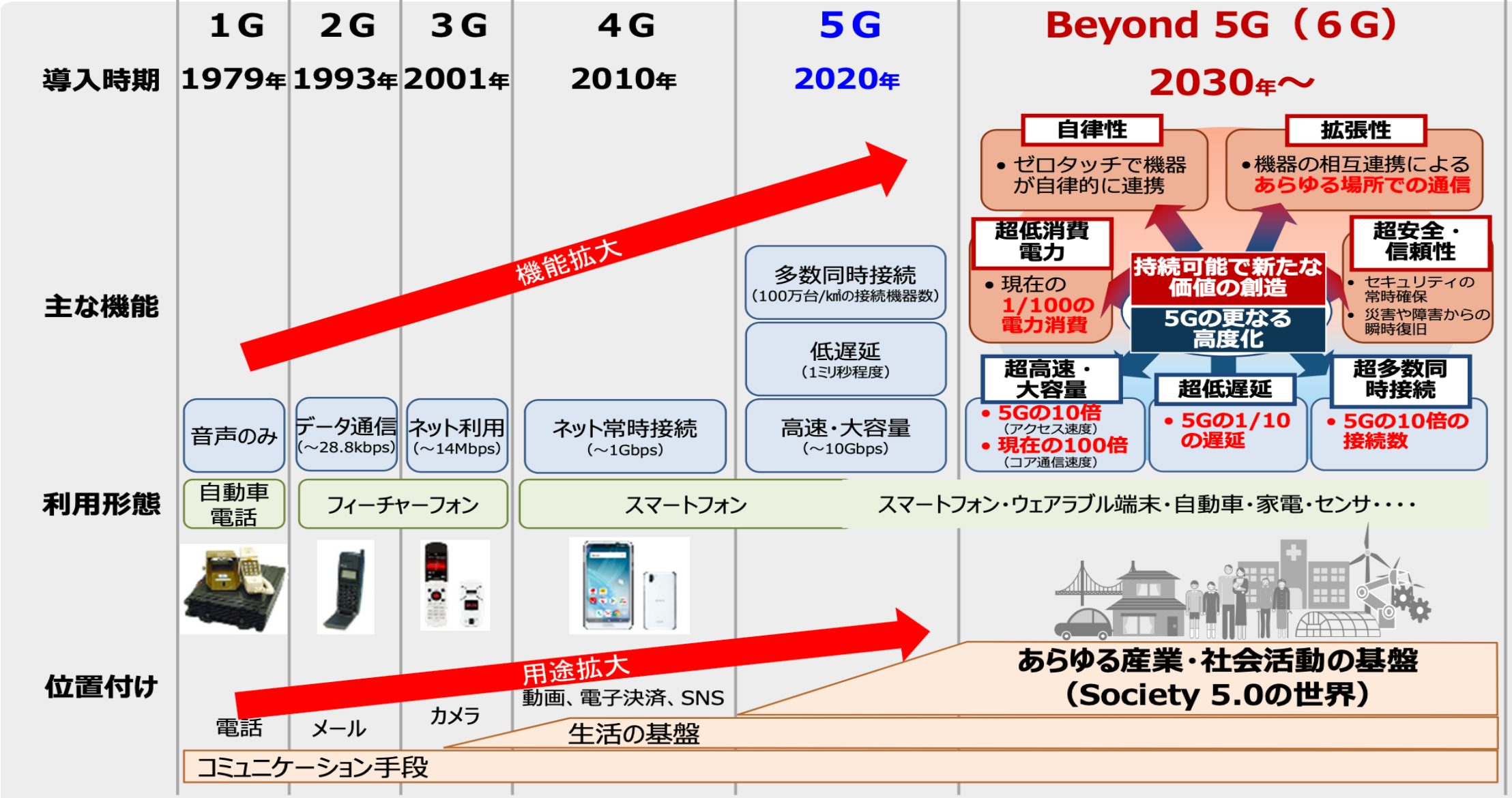
「情報通信・情報科学」の学術に基づき
「未来社会を支える次世代サイバーインフラの創成」
に取り組んでいます



東京大学理学部物理学科卒
東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻修士修了
Princeton University, Computer Science, Ph.D.

情報通信の進化

G=Generation(世代)



Beyond5G/ 6 G AIと通信の融合・低遅延・省電力・拡張カバレッジに注目

大容量・低遅延・多数接続、低消費電力拡張カバレッジ、自律性（AI）堅牢性の7つがBeyond5G/6Gで目指す特徴の目標

重要な方向性

- AIによる障害検知・低電力化・トラフィック制御
- APN (All Photonics Network)の低遅延・省電力
- NTN (Non-Terrestrial Network)による拡張性
- OpenRAN・仮想化による相互接続性
- Sub6,ミリ波に加えセンチ波やサブテラ波を全て利用し大容量と接続性の両立
- ローカル5G/6Gによる自営網の発展
- ソフトウェア化(Software Defined Radio)

APN（低消費電力・大容量/高品質・低遅延） 6G New Radio (6-24,90-300GHz)



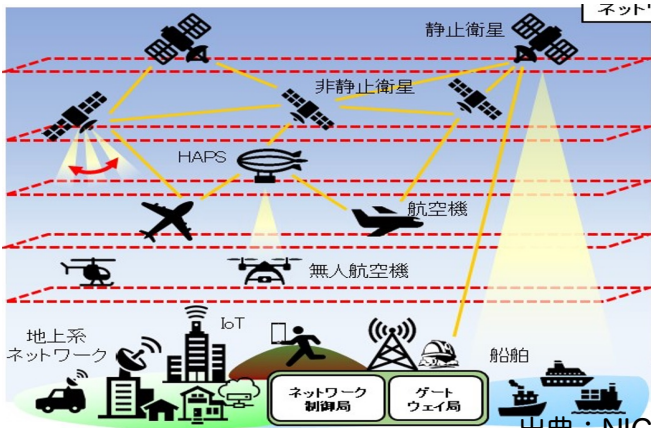
出典：NTT



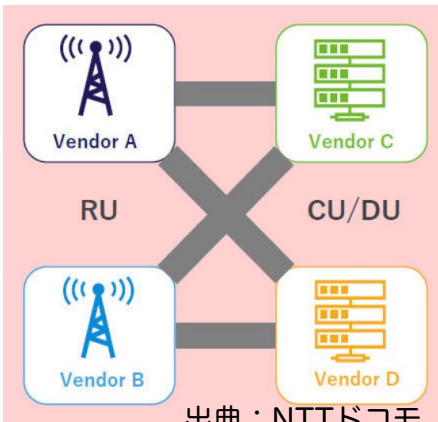
出典：NOKIA

NTN (LEO, GEO, HAPS)

OpenRAN (異ベンダー相互接続)



出典：NICT



出典：NTTドコモ

我々を取り巻く情勢の変化

WRC23にて新周波数利用の提案

- 3GPPでは6Gの仕様化着手(23年12月)
- NTN(LEO, HAPS)の開発競争が激化
- 遅れている5G（特にミリ波）の展開を加速と同時に6G/APNの開発を推進する必要
- 標準化を睨んだ国際連携・協調の必要性

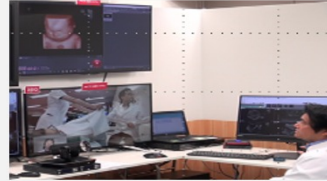
ローカル5G（誰でも専用の5Gを整備可能！）

- 地域や産業の個別のニーズに応じて、**地域の企業や自治体等の様々な主体が柔軟に構築可能。**
- 通信事業者の**エリア展開がすぐに進まない地域**でも**5Gシステムを構築・利用可能。**
- 他の場所の**通信障害や災害、ネットワークの輻輳**などの影響を受けにくい。

スタジアム運営者が導入
eスタジアム



医療機関が導入
遠隔診療



CATVで導入
4K・8K動画



ゼネコンが建設現場で導入
建機遠隔制御



事業主が工場へ導入
スマートファクトリ



自治体による
テレワーク環境の整備



自治体等が導入
河川等の監視



センサー、4K/8K

農家が農業を高度化する
自動農場管理



革新的な価値創成プラットフォームの創出

様々なユースケースの蓄積や、高度なアプリの開発・活用
Ex) 防災、遠隔医療、自動運転、VR/AR/MR、警備監視 etc.

高性能な学術モバイル環境の活用

SINET6

高密度超高速400Gbps
1,000の加入機関
超高速アクセス回線

ローカル5G

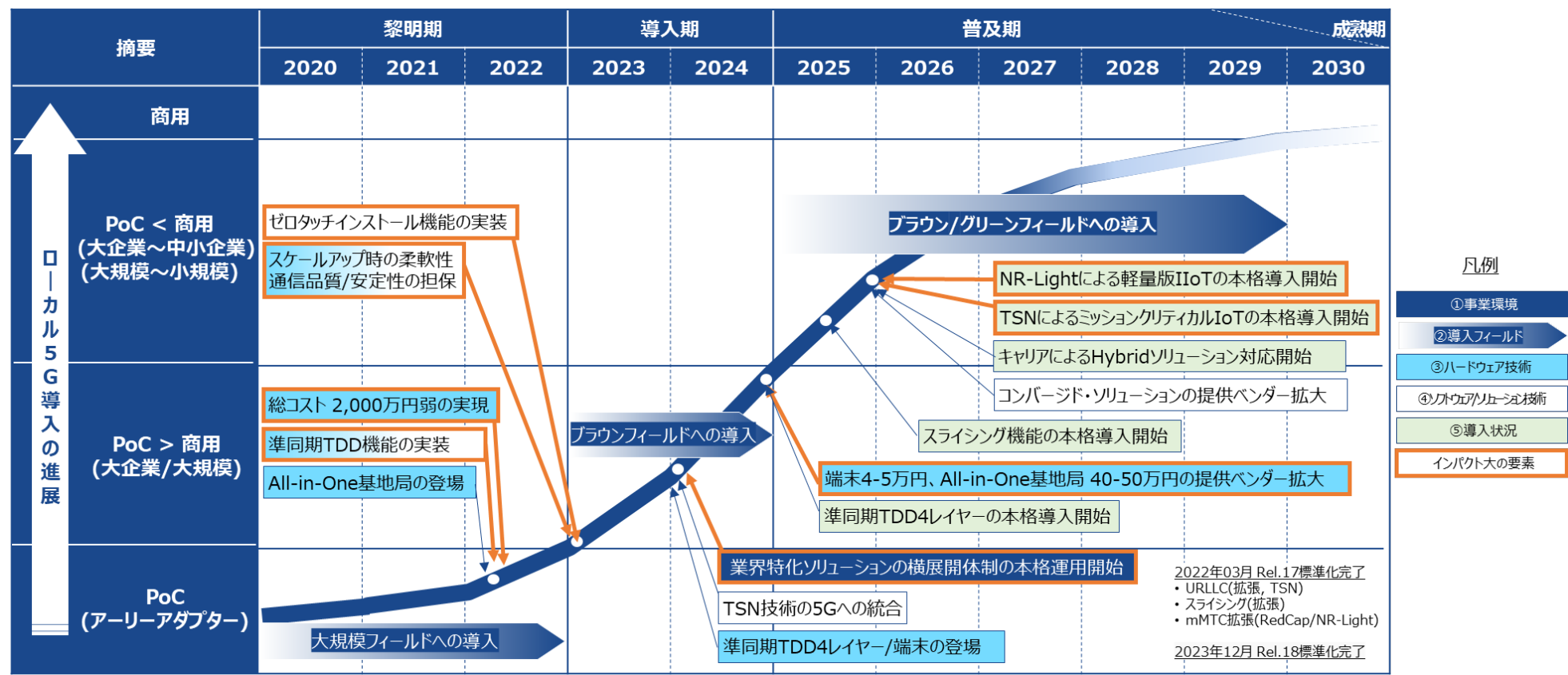
電波の占有
アンテナの動的指向制御
上り方向通信帯域割合変更

<図> 先端モバイル駆動研究センターの取り組みイメージ

ローカル5G市場の見通し

- 5G-SDCの調査レポートによれば、ローカル5Gの本格的な普及期は2025年以降となり、2023年～2024年は、ハードウェア・ソリューション等の使いやすさや通信品質・安定性をより高める導入期と位置づけ。
- また、企業インタビュー等も踏まえ、ローカル5Gの普及進展の条件となり得る要素（実装すべき技術や、導入・運用コスト等）をマイルストーンとして提示。

ローカル5G普及のロードマップ



(出典) 5G利活用型デザイン推進コンソーシアム (5G-SDC) : ローカル5G関連市場調査レポート (2023年1月17日)



WX推進戦略アクションプラン



ローカル5G普及に関連する
重要なアクション

陸・海・空・宇宙など

あらゆる空間における電波利用の急拡大への対応

Ⓐrapid expansion

＜どこでも使えるように＞

5Gインフラ整備の推進

- 「5Gならではの」通信を実感してもらうための**5Gの新しい整備目標**を設定

NTN等の実現に向けた制度整備

- 2024年内を目途に、**携帯電話と衛星の直接通信**の技術基準等を整備
- HAPS（上空の基地局）の2026年導入**に向け、2025年度内に制度整備

- ローカル5G等の上空・海上利用**のための制度整備を2024年度から順次実施

電波産業の活性化

- 電波を宇宙空間で積極的に受信する場合など、**IoTの宇宙利用における制度的な課題の把握**を速やかに実施
- 地域の多様なユースケースに対応するための**地域BWA・ローカル5G等の活性化**方策について速やかに検討、順次実施

＜手軽に使えるように＞

電波利用拡大に向けた免許制度

- 混信防止を担保しつつ、ローカル5G等の手続が簡素化等された**新たな免許制度**を速やかに検討・整備
- より簡易な手続で取得可能な**資格創設**を速やかに検討
- 技術基準への適合性担保**のための仕組みの簡素化等を速やかに検討

社会実装も見据えた研究開発等の推進

- 手続が簡素化された新たな実験試験局**のための制度改正を2025年度内を目途に実施

デジタル技術活用による手続効率化

- 電子申請等の段階的な義務化**とともに、**電子免許状等**を導入するための制度整備を速やかに実施

周波数逼迫の中で需要が急増する
電波の柔軟な利用のための**移行・再編・共用**

re-Ⓐllocation

＜スピーディーに使えるように＞

周波数移行・再編の加速

- 国が主体となる**周波数移行・再編の新たなスキーム**を2025年内に導入
- 高周波数帯における**条件付オークションの導入**を目指し、関連法案を早期に国会に提出

周波数共用・調整の促進

- 運用調整機関の活用による**干渉調整を実施しやすくする方策**を速やかに検討
- AFC（周波数調整の自動化）の検討を進め、**無線LANの周波数拡張**に向けた技術的条件を2025年度中を目途にとりまとめ

インフラとしてのワイヤレスネットワークを
安全・安心に、安定して利用できる環境の整備

Ⓓependable/
Reliable

＜いつでも使えるように＞

自然災害への対応

- 携帯電話基地局の耐災害性強化策**を速やかに検討
- 災害対策用移動通信機器の更なる整備及びその貸出し体制の拡充**に向けた検討を2024年度内に開始

電波の適正利用の推進

- 意図せず発射される混信等の増加に対応するため、2025年度にかけて**移動監視の在り方に関する調査検討**を実施
- 水上の構造物等による**重要無線通信の遮断を防ぐための制度整備**を2024年度内に検討し、速やかに実施

デジタルビジネス拡大の源泉となる**電波の適正な利用を確保するための電波利用料制度**

- 電波利用料の料額や電波利用共益事務の見直しに関する法案**を早期に国会に提出

spectrum user fee
Ⓘncome/Ⓞutlay

デジタルビジネス拡大に向けた電波政策懇談会（資料抜粋）https://www.soumu.go.jp/main_content/000964333.pdf



ローカル5Gを配備することが可能な一体型小型5G基地局

東京大学、NECグループ、ローカル5Gを活用した
移動・自律運用可能な通信ソリューションの実証機を開発



現在NECグループより販売中

2024 Interop にて
Best of Show Award グランプリ受賞！



- ・ ローカル5G爆発的普及の救世主！
- ・ オールインワン・コア一体型 ローカル5Gシステム
- ・ デュアルユースにも適用可能

■特徴

- ・ **ローカル5Gの基地局・5Gコア・MECを一体化**
- ・ ソフトウェアベース、迅速に機能アップデートが可能
- ・ 省スペース・低消費電力
 - 出力 : 1 W × 4 Port
 - サイズ : (幅) 130× (高さ) 189× (奥行) 357mm
 - 重量 : 約6.2 kg
 - 消費電力: 約90W AC100V
- ・ 準同期方式に対応(TDD1/2/3)

<https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/pr2023-03-31-001>

https://f2ff.jp/2024/interop/award/winner/?_ga=2.150817460.364030637.1718167308-839236177.1717590680

プレスリリース

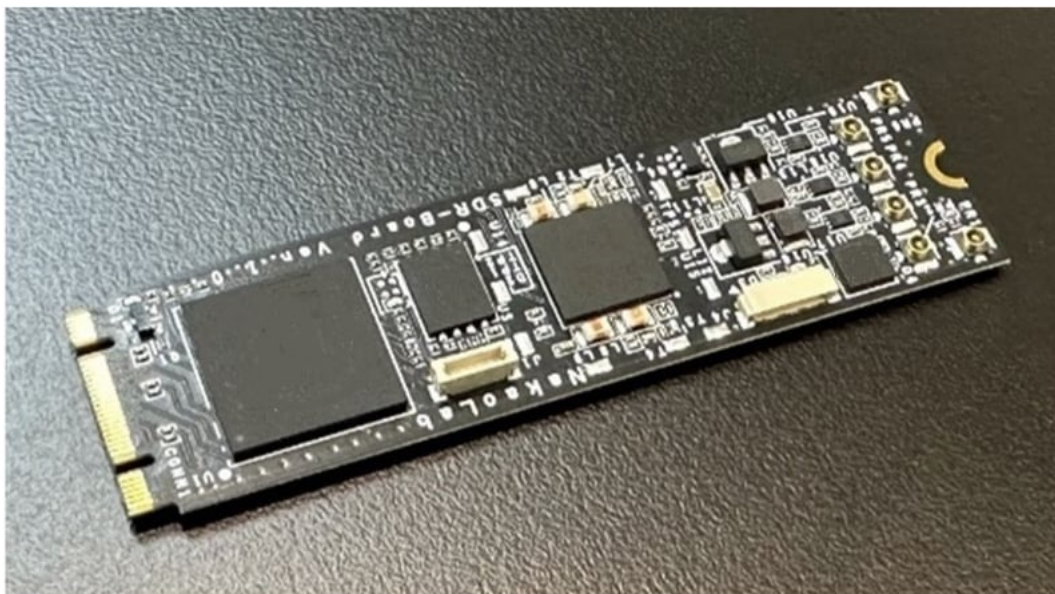
研究 2023

2023.03.24

超小型ソフトウェア無線ボードの開発 —ソフトウェア拡張により進化するプログラマブル基地局の開発を加速—

発表のポイント

- ◆次世代通信規格の開発に対応する“超小型”ソフトウェア無線（SDR）ボードの開発に成功しました。
- ◆M.2の規格のインターフェース、超小型（縦80mm 横22mm 厚み 約5mm（基板厚0.8mm））に対応し、5Gや次世代の通信プロトコルをプログラム可能なボードを開発しました。
- ◆SDRを活用した5G/B5G通信機器による実証において有用性の確認、検証を通じ、社会的課題の解決、潜在ニーズの探索や価値創出を加速します。



■特徴

超小型： M.2の規格に対応。縦80mm 横22mm 厚み 約5mm（基板厚0.8mm）

- ▷ソフトウェアによる動作周波数変更や機能追加等のカスタマイズが可能
- ▷5G基地局として動作を確認：汎用シングルボードコンピュータ（SBC）との組み合わせにより、5G基地局(Sub6)や端末として動作可能
- ▷複数枚を連携動作させて広帯域プロトコルの実装が可能

NICT（国立研究開発法人情報通信研究機構）Beyond 5G研究開発促進事業委託研究
研究開発課題名：継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築
プラットフォームの研究開発（採択番号：00801）の支援により実施されました。

超小型ソフトウェア無線：SDR

プレスリリース 小型・低コスト・低消費電力・柔軟性・迅速展開性を備える ローカル5Gシステムを開発 —超小型ソフトウェア無線(SDR)ボード搭載—

研究 2023

2023.04.25

発表のポイント

- ◆小型（幅）173.2 ×（高さ）66 ×（奥行）274.2mm（A4判書籍の約3/4のサイズ）で屋外にも迅速に設置可能な低消費電力（約75W）のコア一体型、ローカル5Gシステムを開発しました。
- ◆先般開発を発表した超小型ソフトウェア無線（SDR）ボードを市販の汎用シングルボードコンピュータに組み込み5G機能を実装することでコスト低廉化とソフトウェアによる機能追加の柔軟性を実現しています。
- ◆実証により本システムの有用性の確認・検証を行い、社会的課題の解決、産業振興の可能性の探究、未来社会における価値創出などを加速します。



■特徴

- 電波周波数4.7-4.9 GHz（Sub6）の内100MHz幅
- 出力1chあたり最大1W（2ch合計 最大2W）
- MIMO（注6）拡張方式 2T2R（2 layers）
- 準同期TDD（注7）方式 1、2、3を全てサポート
- IP67防水・EMIシールドにより屋外設置可能
- MEC（Multi-access Edge Computing）対応
- 電源AC100V（定格120W）
- バックホール Ethernet 1GbE x 2ポート（PoE対応予定）

NICT（国立研究開発法人情報通信研究機構）Beyond 5G研究開発促進事業委託研究
研究開発課題名：継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プラットフォームの研究開発（採択番号：00801）の支援により実施されました。

日本では携帯通信エリアは国土の70%!

例えば富士山では7-9月の夏期以外では通信ができない! 遭難者は年間100人を超える!

山梨県との連携：富士山で災害対策・減災活用を想定した
ローカル5Gシステムと衛星インターネットアクセスサービスを接続

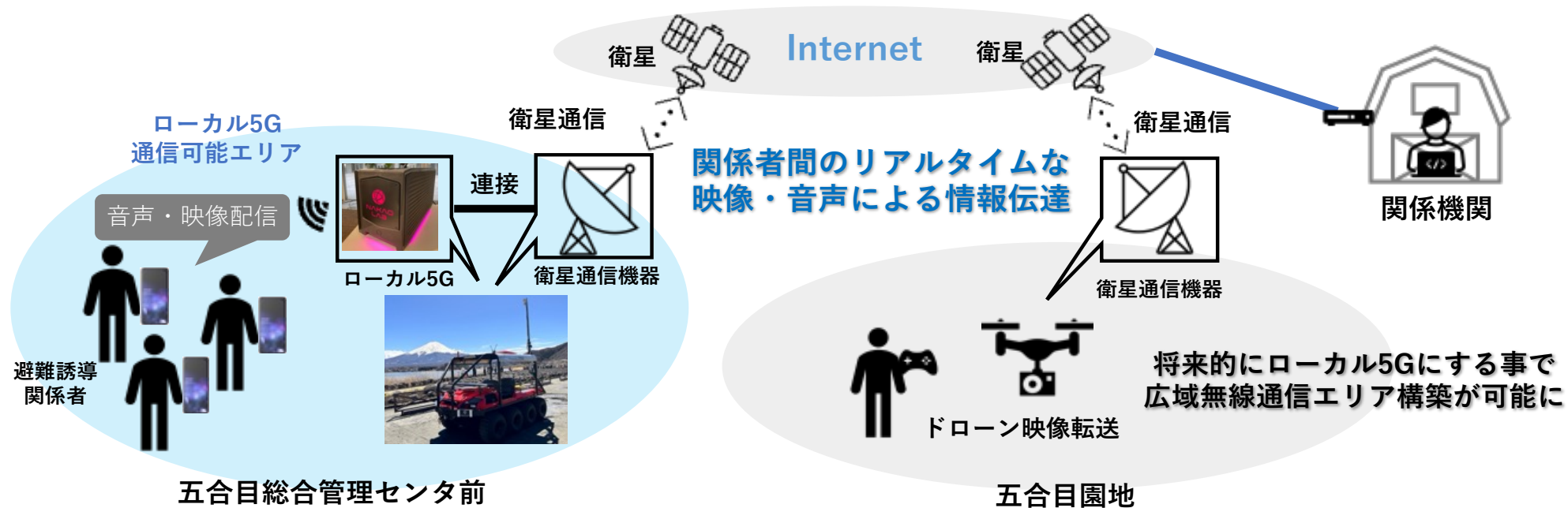


東京大学、山梨県富士山科学研究所、山梨県警が連携 富士山 5 合目で噴火を想定した初動対応訓練を実施

2024年6月4日

訓練の目的

富士山開山期間中は、5 合目以上に多数の登山客や観光客が訪れており「噴火の兆候が認められた場合」や「噴火した場合」は、住民を含む大勢の人命を守るため、迅速かつ適切に避難誘導する必要がある。そのため、開山期を前に富士山 5 合目、6 合目において、登山者、観光客を対象とした実践的な避難誘導等の初動対応訓練を関係機関と連携して実施し、夏山シーズンに噴火の兆候が見られた場合における事態対処能力の向上を図る。



富士山地域における情報通信インフラの脆弱性

富士山は観光地のため登山客が多く、また、遭難者が多い場所にも関わらず通信インフラが不十分

- ・ 普段の登山者の安全対策かつ、噴火や遭難等の緊急時に迅速に展開できる通信インフラが必要
- ・ 緊急時に迅速に対応するため、リアルタイムに映像音声での情報伝達が可能で大容量通信が必要

2024/6/4 富士山5合目で噴火を想定した初動対応訓練を実施 山梨県、山梨県警、富士五湖消防本部・東大中尾研



訓練から見た課題

①自営網によるインフラ冗長化の有用性

訓練当日は悪天候の影響で既設のFWAを使用した通信が不通となり、バギーに搭載の衛星通信を利用することで訓練を続行した。今回発生した悪天候による通信障害は、1つは有線の重要性と、もう1つは重要拠点におけるプライベート回線や冗長性の重要性を示唆する。

②フェーズフリーなデジタルシステムの活用

Web会議ツール等を現場に持ち込んだ初めての訓練であった。迅速な展開性、運用性の観点で、定期的な訓練実施による、リアルタイム情報伝達の習熟度向上が必要である。

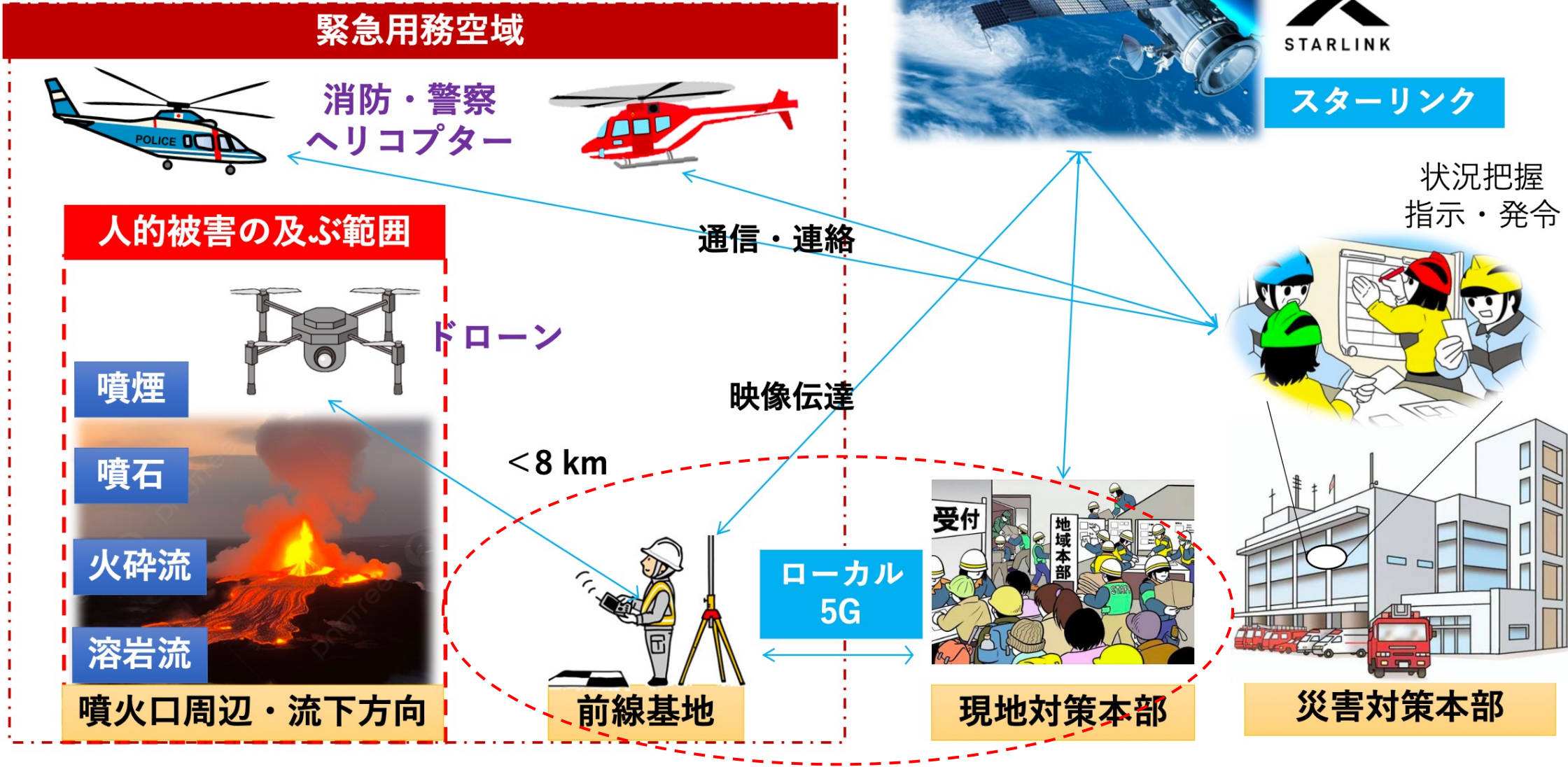


注1：本実証は、2021年6月3日に東京大学大学院工学系研究科と山梨県の間で締結された、富士山の火山防災対策に関わる連携協定、およびNGCI（注2）の活動として2024年6月4日に実施。

注2：NGCI次世代サイバーインフラ連携研究機構

東京大学が発足した研究機構。サイバー空間を現実世界（フィジカル空間）と一体化させる知識集約型社会のバックボーンとして中核的な役割を担う5G/beyond5Gをはじめとする次世代サイバーインフラ実現のための連携研究に取り組み。

噴火災害発生時における ローカル5Gとドローン運用の構想図



災害対策・減災活用を想定したローカル5G × NTN × ドローン

河北新報 ONLINE 2024年11月16日-17日

孤立地区を救え 石巻でも災害対応訓練「みちのくアラート」 陸自東北方面隊

2024年11月17日 12:00

石巻かほく



海自の揚陸艇から大型重機を陸揚げする訓練＝16日午前10時30分ごろ、石巻市渡波長浜

<https://kahoku.news/articles/20241116khn000037.html>



2024 年 11 月 19 日

株式会社 FLARE SYSTEMS

報道関係各位

FLARE SYSTEMS、「みちのくALERT 2024」に参加し 大規模災害時の救援活動を支援するシステムのデモを実施

株式会社 FLARE SYSTEMS（フレアシステムズ）（代表取締役：中川貴之、本社：東京都文京区、以下「FLARE SYSTEMS」）は、「みちのく ALERT 2024（宮城県）」（注1、以下「みちのく ALERT」）に参加し、ローカル 5G を活用した災害時の応急救援活動を支援するシステムのデモンストレーションを実施しました。



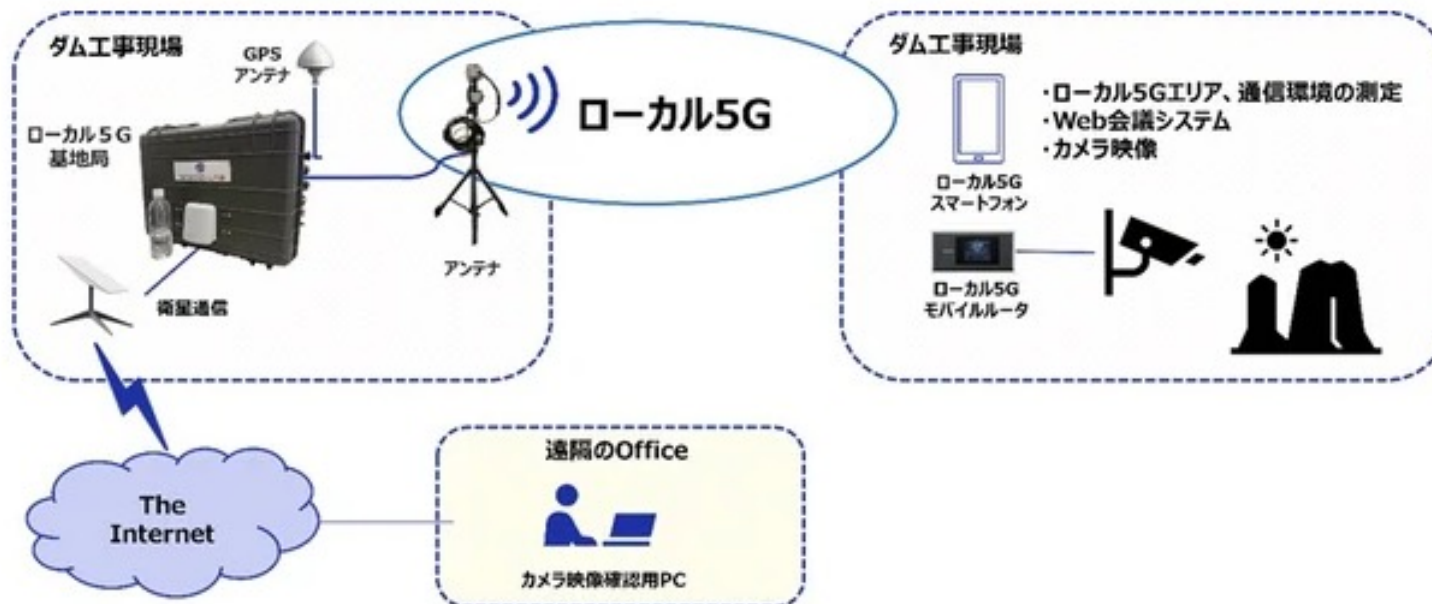
ローカル5G・衛星通信による災害時の自営ネットワーク、
ドローンによる映像取得、リアルタイム映像伝送により

災害時の円滑な救援活動を支援



＜東京大学、安藤ハザマが連携＞ 山岳エリアのダム建設現場においてDX推進を目的とする ローカル5Gと衛星通信接続の実証に成功

国立大学法人東京大学大学院工学系研究科（所在地：東京都文京区、研究科長 加藤 泰浩、同研究科中尾研究室教授 中尾 彰宏、以下「東京大学」）、株式会社 安藤・間（本社：東京都港区、代表取締役社長 国谷 一彦、以下「安藤ハザマ」）は両者の共同研究契約に基づき、2023年10月19日、山岳エリアのダム建設現場において、遠隔臨場、工事関係者間の円滑なコミュニケーションなどの現場の効率的な安全管理や施工管理に、DXを推進することを目的としたローカル5Gシステムと低軌道衛星回線の接続ネットワークの実証に成功いたしました。



通信環境が脆弱なダム工事現場において工事進捗管理、安全管理等の観点でDX化



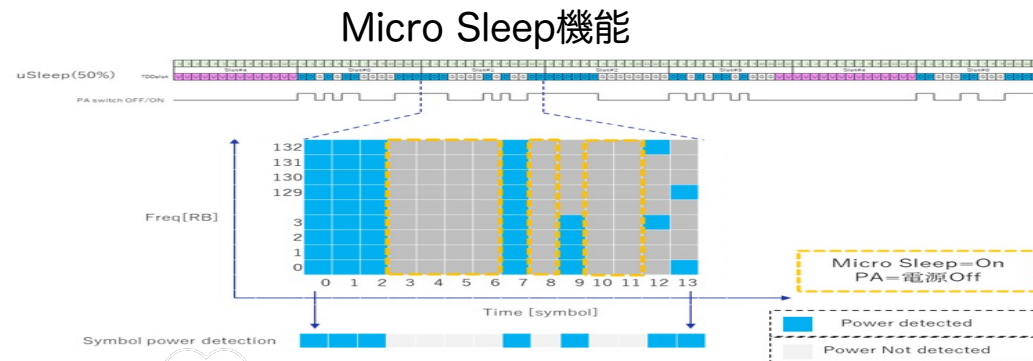
通信とAIの融合

• AIの通信への適用が加速

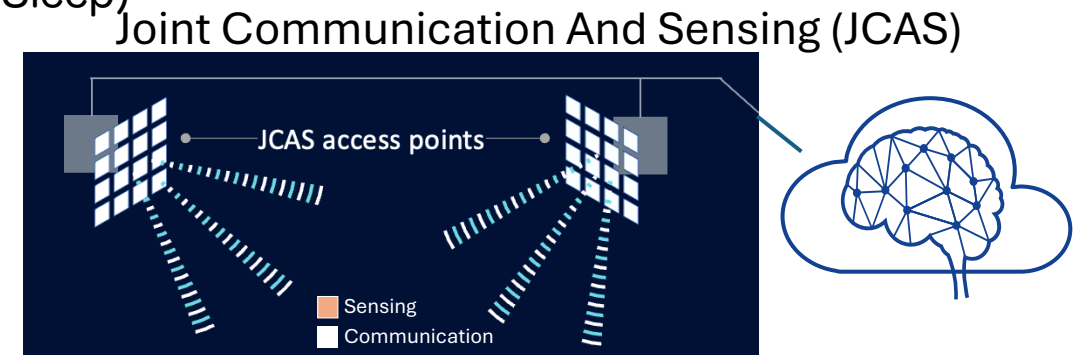
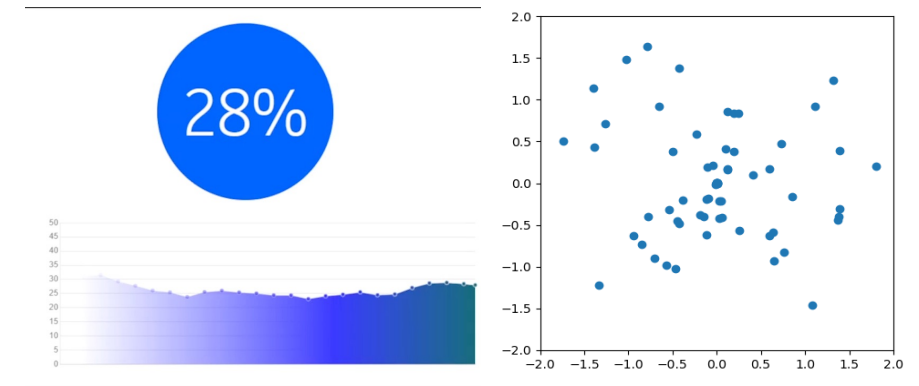
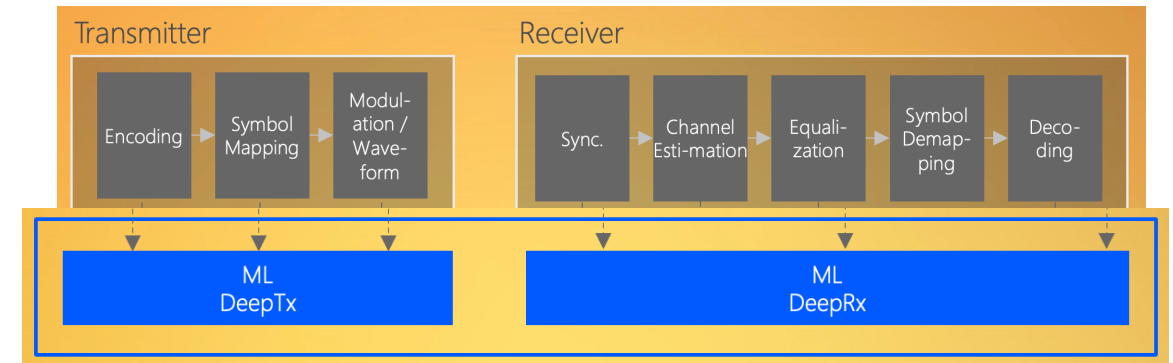
- 障害予測・障害検知（かなり進んでいる）
- 高度信号処理（チャネル推定など）
- セル間協調（Inter-Cell Coordination, D-MIMO）
- AI-Native Air-Interface（30%向上）
- 通信とセンシングの融合（JCAS）

• 低消費電力化

- 通信量などに応じて柔軟に基地局機能オンオフする技術
 - 時分割多重での通信のない微小時間の増幅機オフ（MicroSleep）
 - 無線通信リソースブロックを再配置して増幅機オフ（Deep Sleep）



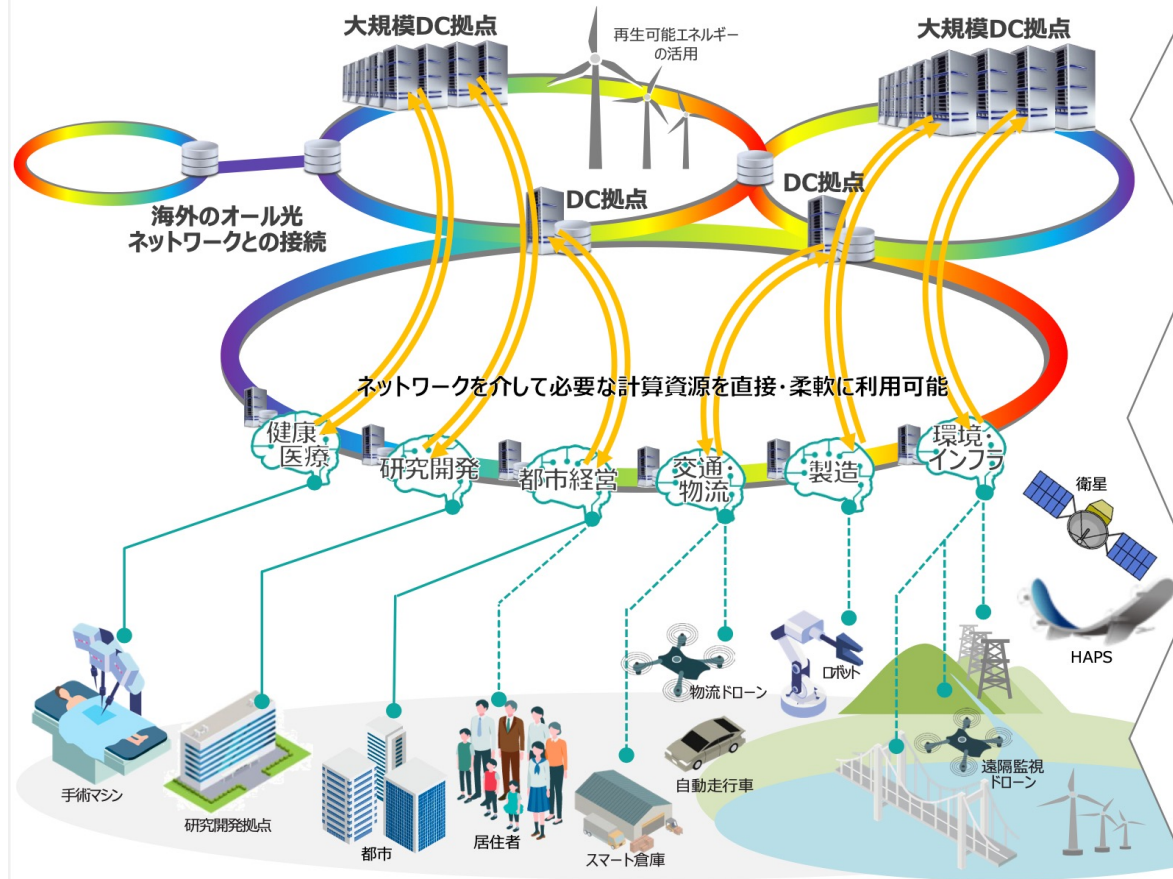
出典：楽天 O-RAN RIC 2024



出典：Peter Vetter, NOKIA, 国際カンファレンス2024

2030年代のAI社会を支えるデジタルインフラ像

2030年代のAI社会を支えるデジタルインフラとして、個別分野に特化した小規模・分散化した多数のAIや、これを駆動するデータセンター等の計算資源群を連携させ、モノ（自動車、ドローン、ロボット等）やセンサーを含む多様なユーザとを場所を問わずに繋ぐことが可能な、低遅延・高信頼・低消費電力な次世代情報通信基盤（Beyond 5G）が求められている。



データセンター等の計算資源

- ・オール光ネットワーク等と一体的に運用されるデータセンター等の計算資源が、様々な分野で利用される**多数のAI**を駆動
- ・オール光ネットワークで繋ぐことにより距離の制約が緩和され、現在、大都市圏に集中するデータセンター拠点を、再生可能エネルギーが活用可能な地域等へと分散化が可能

オール光ネットワーク（APN）

- ・今後増大が予想される**大量のデータ**を低遅延・高信頼・低消費電力で流通させるための**基幹的なインフラ**として位置付け
- ・特に、**計算資源・ユーザ等を連携させ、必要な計算資源を直接・柔軟に利用可能**とすることで、我が国のAI開発力の強化やAI利活用を促進する**ゲームチェンジャー**となることが期待

非地上系ネットワーク（NTN）

無線アクセスネットワーク（RAN）

- ・ヒトよりも、モノ（自動車、ドローン、ロボット等）や、環境を把握する**センサー等**が主たる端末となって、「**産業のワイヤレス化**」を加速
- ・RANやNTN（衛星・HAPS等）等からなる**複層的なネットワーク**により、**非居住地域も含め、どこでも繋がる環境**を実現

低環境負荷（グリーン）で安全・安心で信頼できるAIが社会全体で提供され
社会課題の解決や我が国の競争力に繋がるイノベーションを加速

背景

AIと機械学習は通信技術においてますます重要な役割を果たしており、IEICEの各委員会でも活発に研究が発表されている。通信システムへのAI/MLの統合は、日常生活やインフラに革新的な価値をもたらすことが期待されている。通信分野とAI/ML分野の横断的な連携が不可欠である。

設立

「Super-Intelligent Networking」をテーマに、有線・無線、ネットワークの階層を超えた議論を促進するため、2019年にシンポジウムをキックオフし、2020年9月に電子情報通信学会（IEICE）通信ソサイエティの第三種研究会として「超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会」を設立。

本研究会は、中尾彰宏教授（東京大学）が委員長を務め、19の専門研究会が横断的に協力しながら運営

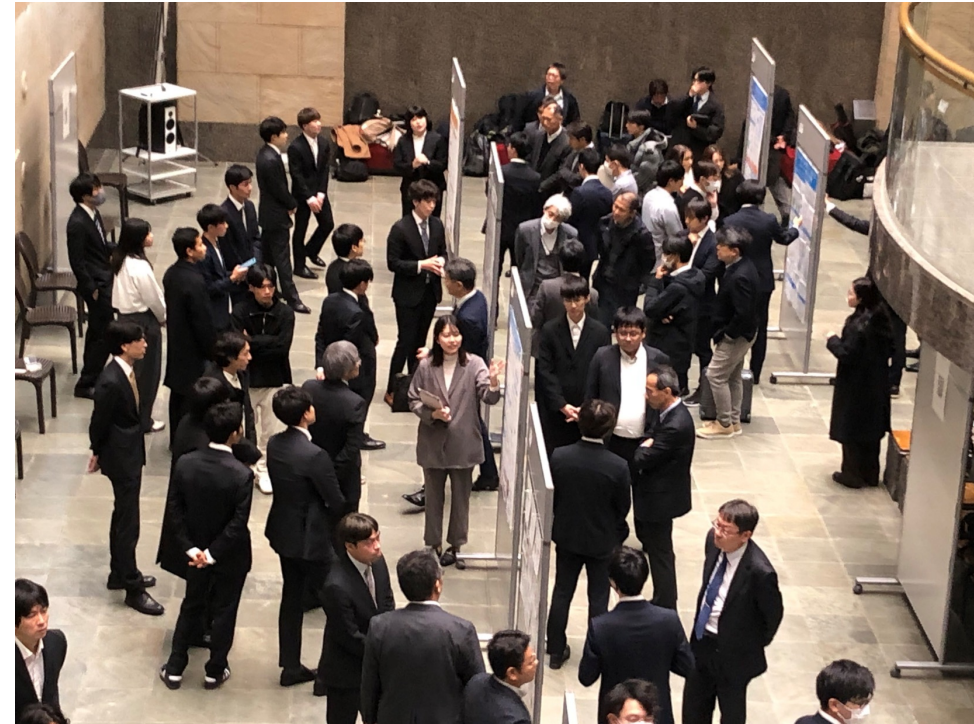
目的

AIを活用したインテリジェント通信システムの研究を促進し、ネットワーキングの機会を通じて産学連携を推進する。

学生や企業の研究者を主体とし、AIと情報通信の融合を加速することを目的に、短時間でのパネル発表とフィードバックを重視した活動を実施する。

また、通信ソサイエティ内の研究領域を超えた活動に加え、ITU主催の「5G AI/ML Global Challenge」日本開催分の運営を担うなど、IEICEの枠を超えた国際的な活動も展開する。

- 「RISING 2024」は、2024年11月11日・12日に北海道で開催され、119名が参加
- 本イベントでは、67件のポスター発表（うち学生による発表が56件）
- 3件の招待講演、パネルディスカッション、産業セッション（企業7社による講演）を実施
- KDDI、NTT、ソフトバンクの技術責任者が招待講演「通信とAIの将来」をテーマとしたパネルディスカッションを実施



本郷キャンパス ローカル 5G テストベッド整備プロジェクト

■プロジェクト名：

NTT 東日本との産学協創協定に基づく本郷キャンパスローカル 5G 整備

■目的：本学と東日本電信電話株式会社（NTT 東日本）は、地域循環型社会の実現に向けた、自律・分散型の地域を支える次世代デジタルネットワーク基盤の構築と社会起業家の創出を目的とした産学協創協定を 2024 年 4 月 17 日に締結。

本連携協定を根拠とする東大全域の次世代サイバーインフラテストベッド・ラボ化を計画、推進している。



東京大学とNTT東日本が産学協創協定を締結



まとめ：次世代サイバーインフラが切り拓く未来社会

- SINETとLocal5Gによる安定・セキュアな自営網のインフラ構築
- 自営網インフラを活用する「ライフライン」ユースケースの開発
- NIIを中心として主要大学を接続し、各大学をハブとした産学連携と国際連携の推進を図るべき
- 先端モバイル駆動研究センターの活動を来年度も更に加速できるように、多くの企業・大学組織のご支援とご協力をいただきたい